

4. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Забайкальском крае (2014-2020 годы): постановление правительства Забайкальского края об утверждении государственной программы Забайкальского края от 18 февраля 2014 года № 78 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/460284592> (дата обращения 7.10.2016).

УДК 621.548

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

### PARTICULARLY THE USE OF WIND POWER GENERATORS IN THE CENTRAL REGION RUSSIA

Смыков А. А., Литвиненко М. Г.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Нижний Новгород, [aleksandrsmyskov@gmail.com](mailto:aleksandrsmyskov@gmail.com)

Smykov A. A., Litvinenko M. G.

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering,  
Nizhny Novgorod

**Аннотация:** В работе исследованы перспективы применения ветроэнергетических установок в центральной России на примере Нижегородской области.

**Abstract:** We have studied the prospects of application of wind power plants in central Russia on an example of the Nizhniy Novgorod region.

**Ключевые слова:** ветрогенератор; возобновляемые источники энергии; энергия ветра.

**Keywords:** wind turbine; renewable energy sources; wind energy.

Разведанные мировые запасы традиционного углеводородного топлива, по оценкам экспертов, способны удовлетворить мировую потребность лишь на следующие 60 лет. Прогрессирующий повсеместно дефицит традиционного углеводородного топлива вынуждает искать альтернативные нетрадиционные подходы к выработке потребляемой энергии. К таким нетрадиционным источникам энергии относится энергия возобновляемых источников (солнца, ветра, геотермальная энергия, энергия биомассы, энергия волн и некоторые другие). Такие источники энергии экологически безопасные, имеют большой неиспользованный потенциал и широкую перспективу применения.

К неоспоримым преимуществам ветроэнергетических установок (ВЭУ) относятся следующие. Выработка энергии сопровождается экологически чистым преобразованием кинетической энергии ветра в механическую на валу установки. Ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу примерно 1800 т CO<sub>2</sub>, до 9 т SO<sub>2</sub> и около 4 т оксидов азота. Процесс генерации энергии имеет небольшие эксплуатационные расходы, установки ВЭУ просты в эксплуатации.

К основному недостатку ветроэнергетических установок относится полная зависимость режимов их эксплуатации от климатических параметров окружающей среды – непредсказуемость количества выработки энергии вследствие нестабильности направления и скорости ветра. Применение ВЭУ экономически целесообразно только на тех территориях, где среднегодовая скорость ветра превышает 5 м/с.

По типу присоединяемых потребителей ВЭУ подразделяются на бытовые и промышленные. В зависимости от геометрии ветроприемного устройства и его положения относительно направления потока ветра ветроэнергетические установки классифицируются на установки с горизонтальной или вертикальной осью вращения и безлопастные.

Принцип работы ВЭУ заключается в преобразовании лопастями кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения вала ветроприемного устройства с последующей передачей ее ротору генератора. В генераторе происходит преобразование механической энергии вращения ротора в электрическую энергию. Вырабатываемый в генераторе переменный ток направляется в выпрямитель переменного тока, где он преобразуется в постоянный ток и затем поступает в контроллер. После этого постоянный ток поступает в инвертор, в котором он преобразуется в переменный ток с изменением частоты и напряжения. Наиболее широко в настоящий момент в качестве ВЭУ применяются трехлопастные ветроэнергетические установки с горизонтальной осью вращения и синхронным двигателем [1, 2].

В качестве примера рассмотрим возможности использования ВЭУ в Нижегородской области. Климат данной области, которая располагается в средней части умеренного пояса, умеренно континентальный с холодной продолжительной зимой и теплым сравнительно коротким летом. Считается, что здесь недостаточная сила ветра (таблица) для использования в энергетике, т.к. Нижегородская область находится в зоне ветров со среднегодовыми скоростями 2...4 м/с.

Средняя мощность колеса  $N_v$  зависит от средней скорости ветра за расчетный период  $v_{в\text{ ср}}$  и определяется по формуле [4]:

$$N_v = C_p \frac{\rho \pi v_{в\text{ ср}}^3 R^2}{2}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>,  $C_p$  – коэффициент использования мощности;  $R$  – радиус колеса ветрогенератора, м.

Для расчета среднегодовой мощности колеса следует использовать величину среднегодовой скорости ветра  $v_{всг}^3$ , м/с.

Номинальная мощность генератора ВЭУ, определяется по формуле:

$$P_{ном} = \eta_{г} N_{ном}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где  $\eta_{г}$  – коэффициент полезного действия генератора ВЭУ.

Среднее количество энергии, которую ветроагрегат выработает за год, находится по формуле [5]:

$$W_{сг} = \frac{24 \cdot 365 \cdot P_{ном}^{сг}}{1000}, \quad (3)$$

где  $W_{сг}$  – среднегодовая выработка энергии ветроагрегатом, кВт·ч/год;  $P_{ном}^{сг}$  – номинальная среднегодовая мощность ветроагрегата, Вт;  $A_{вк}$  – площадь поверхности, ометаемой ветроколесом, м<sup>2</sup>;  $v_{всг}^3$  – среднегодовая скорость ветра, м/с.

Параметры погоды для Нижегородской области [6]

Период наблюдения, месяц	Среднее значение скорости ветра, $v_{ветр}$ , м/с	Количество наблюдений
01.02.2005 - 01.02.2015, Январь	1,9	2600
01.02.2005 - 01.02.2015, Февраль	2,2	2368
01.02.2005 - 01.02.2015, Март	2,1	2470
01.02.2005 - 01.02.2015, Апрель	2,0	2373
01.02.2005 - 01.02.2015, Май	1,8	2449
01.02.2005 - 01.02.2015, Июнь	1,5	2390
01.02.2005 - 01.02.2015, Июль	1,4	2441
01.02.2005 - 01.02.2015, Август	1,4	2451
01.02.2005 - 01.02.2015, Сентябрь	1,4	2383
01.02.2005 - 01.02.2015, Октябрь	1,7	2468
01.02.2005 - 01.02.2015, Ноябрь	2,0	2393
01.02.2005 - 01.02.2015, Декабрь	2,0	2453
Среднее значение за период 01.02.2005 - 01.02.2015	1,778	29039

Таким образом, для ветроагрегата среднегодовая выработка электроэнергии зависит от диаметра ветроколеса и среднегодовой скорости ветра.

Расчет срока окупаемости ВЭУ производится по следующей формуле:

$$T_{ок} = \frac{S_{ВЭУ}}{W_{сг} \cdot S_{кВт\cdotч}}, \text{ лет}, \quad (4)$$

где  $S_{ВЭУ}$  - закупочная стоимость ВЭУ, руб;  $W_{сг}$  - среднегодовая выработка энергии ветроагрегатом, кВт·ч/год;  $S_{кВт\cdotч}$  - стоимость кВт·ч в данном регионе.

Согласно примерному расчету, для ветрогенератора марки ВЭУ-3000/5-3 с диаметром колеса 4,6 м и среднегодовой выработкой энергии  $W_{сг}$  в 252 кВт·ч/год, срок окупаемости  $T_{ок}$  составляет 192 года.

Полученные данные подтверждают, что использование на территории Нижегородской области ветросиловых установок для выработки электроэнергии является неэффективным.

#### Список использованных источников

1. Амерханов, Р. А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии / Р. А. Амерханов. Москва: КолосС, 2003. 532 с.
2. Германович, В. Альтернативные источники энергии / В. Германович. Санкт Петербург: Наука и техника, 2011. 320 с.
3. Безруких, П. П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов / П. П. Безруких; Ин-т устойчивого развития Обществ. палаты Рос. Федерации; Центр экол. политики России. Москва: [б. и.], 2011. 74 с.
4. Миласечкина, О. Н. Энергосберегающие здания / О. Н. Миласечкина, И. К. Ежова Саратов: СГТУ, 2006. 75 с.
5. Колесник, Г. П. Нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии. Методические указания к самостоятельной работе студентов / Г. П. Колесник; сост. Г. П. Колесник, С. А. Сбитнев. Владимир: Владим. гос. ун-т, 2014. 57 с.
6. Расписание погоды. [Электронный ресурс]. URL: [gr5.ru](http://gr5.ru). (дата обращения 02.11.2016).

УДК621.039.75

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНОГО МЕТАЛЛА

## ENERGY-EFFICIENT METHOD FOR PRODUCING RECYCLED METAL

Соколова М. С., Циглевкина К. Н., Жаров В. В., Пегушин Я. А., Горупай Е. Н., Шастин А. Г.